

INTERPRETATION OF GEOLOGICAL STRUCTURE AND LITHOLOGY BY LANDSAT 8 AND SRTM IMAGERY IN REMBANG DISTRICT AND ITS SURROUNDING

Carolina Ajeng Sukmawati Putri
carolinaajengsp@gmail.com

Taufik Hery Purwanto
taufik_hp@yahoo.com

ABSTRACT

Geological mapping as a preliminary step in the exploration of natural resources. Landsat 8 imagery and SRTM 30 meter spatial resolution has not been widely used for geological studies, especially in Rembang. This research aims to determine the ability of Landsat 8 and SRTM processing for identification of geological structure and lithology; and to map the geological structure and lithology. The methods are band combination 567, spatial filtering, histogram equalization, and the merger of Landsat8 and SRTM image. The result show the geological structures such as faults lineament trending southwest-east, 6 anticlinal and 3 sinklinal. There are also 6 types of rocks (lithology) such as alluvium sediments (clay, sand, gravel, siltstone), andesite and tuff, marl, claystone, limestone, and sandstone. Merger Landsat8 and SRTM have the best ability in identification of physical aspects terrain. The interpretation of the geological structure has an accuracy of 90%, whereas accuracy for lithological interpretation is 78,90%.

Keywords: Landsat 8, SRTM, structural geology, lithology, spatial filtering, visual interpretation.

ABSTRAK

Pemetaan geologi sebagai langkah awal dalam kegiatan eksplorasi sumberdaya alam. Citra Landsat 8 dan SRTM resolusi spasial 30 meter belum banyak dimanfaatkan untuk kajian geologi, khususnya di Kabupaten Rembang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan pengolahan Landsat 8 dan citra SRTM untuk identifikasi struktur geologi dan litologi; dan untuk memetakan struktur geologi dan litologi. Metode yang digunakan yaitu kombinasi band 567 Landsat8, pemfilteran spasial, ekualisasi histogram, dan penggabungan citra Landsat8 dan citra SRTM. Hasilnya menunjukkan struktur geologi berupa kelurusan sesar tampak berarah baratdaya-timur, dan terdapat 6 antiklinal dan 3 sinklinal. Terdapat pula 6 jenis batuan (litologi) diantaranya endapan aluvium (lempung, pasir, kerikil, kerakal, batu lanau), andesit dan tuff, napal, batulempung, batugamping, dan batupasir. Metode penggabungan citra Landsat 8 dan SRTM memiliki kemampuan terbaik dalam identifikasi aspek fisik medan. Interpretasi struktur geologi memiliki akurasi sebesar 90%, sedangkan interpretasi litologi 78,90%.

Kata kunci: Citra Landsat 8, SRTM, struktur geologi, litologi, pemfilteran spasial, interpretasi visual

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sangat luas dan menyimpan beragam sumberdaya. Sumberdaya mineral dan energi di merupakan kebutuhan pokok masyarakat Indonesia. Kebutuhan sumberdaya di Indonesia semakin meningkat dari waktu ke waktu, sehingga dibutuhkan kegiatan inventarisasi sumberdaya alam untuk dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pemetaan geologi merupakan bagian dari kegiatan inventarisasi sumberdaya alam yang penting untuk memberikan informasi kondisi geologi di suatu wilayah. Kondisi geologi dapat dijadikan dasar untuk mengetahui potensi dan permasalahan yang ada sehingga membantu dalam menciptakan pembangunan yang berkelanjutan. Kondisi geologi yang umumnya dapat diamati berupa kondisi tipe batuan (litologi) dan struktur geologi.

Cekungan Jawa Timur bagian utara telah menjadi bukti memiliki sumberdaya alam berupa sumberdaya mineral dan energi yang signifikan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di Indonesia. Kabupaten Rembang merupakan salah satu kabupaten yang berada di provinsi Jawa Tengah bagian utara dengan kondisi geologi yang kompleks. Hal tersebut juga didukung dengan terdapatnya kenampakan-kenampakan struktur geologi pada daerah penelitian, seperti kelurusan, sesar, kekar, dan lipatan. Kenampakan-kenampakan geologi tersebut sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut. Eksplorasi sumberdaya alam secara berkelanjutan penting dilakukan untuk dapat memenuhi kebutuhan masyarakat yang terus meningkat. Oleh karena itu, pemetaan geologi dapat dijadikan dasar dalam kegiatan eksplorasi sumberdaya alam di Kabupaten Rembang.

Tingginya kebutuhan masyarakat akan sumberdaya mineral dan energi memicu perkembangan teknologi dalam melakukan eksplorasi sumberdaya alam. Pemetaan geologi sebagai langkah awal dalam kegiatan eksplorasi sumberdaya alam merupakan kegiatan yang membutuhkan waktu, biaya, dan tenaga yang cukup banyak apabila dilakukan secara terestrial. Teknik penginderaan jauh dapat digunakan sebagai solusi dalam mengatasi masalah tersebut. Sistem penginderaan jauh dapat digunakan untuk pemetaan geologi, yaitu

dengan mendeteksi, mengidentifikasi, dan menganalisis kenampakan geologi yang ada di permukaan bumi, yaitu berupa struktur geologi dan litologi. Pemetaan geologi tersebut dapat dilakukan secara lebih cepat dan efisien melalui teknik penginderaan jauh. Penelitian dengan menggunakan data penginderaan jauh untuk pemetaan geologi terkait eksplorasi sumberdaya mineral dan energi telah banyak dilakukan di Indonesia. Hasilnya menunjukkan bahwa teknik penginderaan jauh sangat membantu dalam melakukan pemetaan geologi karena lebih efektif dan efisien dari segi waktu, biaya, dan tenaga.

Pemetaan geologi secara terestrial masih banyak dilakukan untuk memperoleh informasi geologi permukaan. Namun teknik pemetaan secara terestrial tersebut menghabiskan banyak waktu, biaya, dan tenaga dalam proses perolehan data di lapangan. Citra Landsat 8 dan SRTM dengan resolusi spasial 30 meter sebagai data penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk memberikan informasi geologi permukaan dengan lebih cepat. Pemetaan geologi menggunakan teknik penginderaan jauh telah banyak digunakan di Indonesia. Namun pemanfaatan citra Landsat 8 dan SRTM resolusi spasial 30 meter belum banyak dimanfaatkan untuk kajian geologi, khususnya di Kabupaten Rembang. Hal tersebut disebabkan karena kedua citra tersebut merupakan produk baru sehingga pemanfaatan untuk kajian geologi belum banyak digunakan, terutama dalam kaitannya eksplorasi sumberdaya alam. Oleh karena itu, diperlukan perbandingan hasil interpretasi citra dengan kegiatan lapangan untuk mengetahui kemampuan citra Landsat 8 dan SRTM dalam menyajikan informasi geologi permukaan berupa struktur geologi dan litologi. Interpretasi tersebut dilakukan pada citra hasil pengolahan seperti kombinasi band, pemfilteran, penajaman kontras, dan penggabungan citra Landsat dan SRTM.

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui kemampuan citra Landsat 8 dan citra SRTM dalam identifikasi struktur geologi dan litologi.
2. Memetakan struktur geologi dan litologi sebagian Rembang dan sekitarnya.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua metode utama, yaitu:

1. Interpretasi citra untuk struktur geologi dan litologi
 2. Evaluasi hasil ketelitian interpretasi citra
- Metode yang pertama masih dibagi lagi menjadi 5 tahapan, yaitu tahap pengumpulan data, pengolahan data, interpretasi citra, kegiatan lapangan, dan reinterpretasi citra.

Tahap Pengumpulan Data

Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Data primer berupa citra Landsat 8 (*path 119 row 65*) perekaman 24 September 2014 dan citra SRTM resolusi spasial 30 meter. Data sekunder yang digunakan berupa peta RBI digital skala 1:25.000 dan peta Geologi Lembar Rembang skala 1:100.000.

Tahap Pengolahan Data (*Preprocessing*)

Pengolahan yang dilakukan pada data primer citra Landsat 8 berupa pra pemrosesan (*preprocessing*) citra untuk memperbaiki kualitas dari citra tersebut. Langkah-langkah yang dilakukan adalah koreksi geometri, pembuatan citra komposit, pemfilteran spasial, penajaman kontras, serta penggabungan dengan citra SRTM.

Koreksi geometri dilakukan dengan metode transformasi berdasarkan titik kontrol lapangan (*ground control point*, GCP). Koreksi geometri ini dilakukan pada citra Landsat 8 dan SRTM yang disesuaikan koordinatnya dengan peta Rupabumi Indonesia (*image to map*).

Pembuatan citra komposit dilakukan dengan kombinasi band 567 pada citra Landsat 8. Hal tersebut didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Theodor (2008) yang mengatakan bahwa komposit tersebut dianggap paling mampu dalam menampilkan kondisi medan dengan baik, seperti pola aliran, relief, struktur geologi, litologi, dan kenampakan geologi yang lain. Soetoto (1988) menambahkan komposit 457 Landsat 7 ETM merupakan kombinasi band terbaik dalam studi geologi karena baik dalam pengenalan tumbuhan, batas air, dan daratan, serta kenampakan budaya yang lain.

Filter yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah filter *high-pass* karena

mampu menghasilkan citra dengan variasi nilai kecerahan yang tinggi dan dapat menajamkan batas tepi antar objek (*edge enhancement*), kenampakan linier, dan kelurusan yang sangat mendukung dalam kajian geologi (Danoedoro, 2012). Jenis filter *high-pass* yang digunakan ini adalah filter *undirectional (laplacian)* karena mampu memperjelas kenampakan-kenampakan geologi dengan lebih jelas, seperti kenampakan kekar (*joint*) pada batuan dan juga kelurusan (*lineament*).

Penajaman kontras dilakukan untuk menghasilkan citra baru dengan nilai kekontrasan maksimum sehingga lebih mendukung dalam melakukan interpretasi citra. Teknik yang digunakan adalah ekualisasi histogram.

Penggabungan citra Landsat 8 hasil *preprocessing* bertujuan untuk memperoleh gambaran morfologi wilayah dengan lebih baik pada citra dan membantu dalam melakukan interpretasi citra. Penggabungan tersebut dilakukan dengan menumpangkan citra Landsat 8 hasil pengolahan citra diatas data DEM dari citra SRTM.

Tahap Interpretasi Citra

Interpretasi kondisi geologi dilakukan berdasarkan JICA-LEMIGAS (1994) yang dibagi menjadi 2 tahap, yaitu:

a. Tahap Interpretasi Dasar

Pada tahap ini dilakukan interpretasi terhadap kondisi geologi umum. Tahap ini dibagi lagi menjadi 2 langkah:

- 1) Interpretasi terhadap bukti-bukti atau fakta kenampakan geologi..
- 2) Interpretasi terhadap kenampakan yang bersifat terkaan (*conjectural*) dari informasi geologi.

b. Tahap Interpretasi Analitik

Tahap ini lebih tergantung pada kemampuan interpreter untuk memprediksi permukaan, misalnya sumbu lipatan. Tahap ini dibagi lagi menjadi 2 langkah:

- 1) Interpretasi distribusi struktur geologi dan litologi.
- 2) Merupakan kesimpulan dari struktur geologi dan litologi dengan hasil berupa peta geologi.

Tahap Kegiatan Lapangan

Kegiatan lapangan sangat dibutuhkan dalam pemetaan geologi karena bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan citra dalam memberikan informasi geologi wilayah, serta untuk menambah informasi yang diperlukan dan tidak bisa didapatkan dari citra. Pemilihan titik sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*.

Hal-hal yang dilakukan di lapangan antara lain: (a) mengukur kemiringan pelapisan batuan (*dip* dan *strike*), (b) mengambil sampel batuan, (c) pengecekan hasil interpretasi citra, dan (d) pengambilan foto lapangan.

Tahap Reinterpretasi

Tahap reinterpretasi dilakukan dengan menambahkan informasi yang didapat dalam kegiatan lapangan dan sebelumnya belum diperoleh dari interpretasi citra. Selain itu juga dilakukan pembetulan hasil interpretasi yang tidak sesuai dengan kondisi sesungguhnya di lapangan. Hasilnya berupa peta geologi (struktur geologi dan litologi) wilayah kajian.

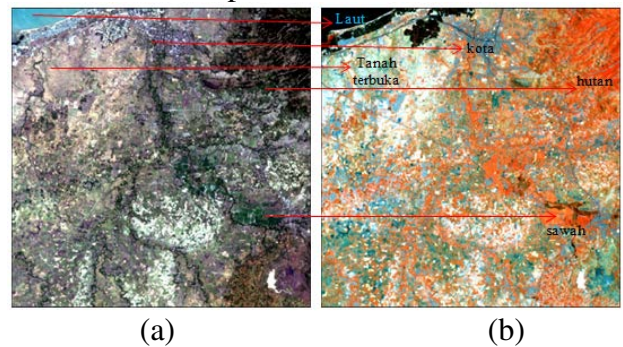
Metode penelitian yang kedua adalah evaluasi ketelitian citra dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan citra dalam memberikan informasi kondisi geologi permukaan bumi, khususnya struktur geologi dan litologi. Pada tahapan ini dilakukan uji akurasi hasil interpretasi citra dan uji kemampuan citra.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koreksi geometri berguna untuk mengembalikan posisi piksel sedemikian rupa akibat kesalahan dalam proses perekaman citra. Namun koreksi geometri tidak dilakukan dalam penelitian ini karena citra Landsat 8 dan citra SRTM yang digunakan telah terkoreksi sebelumnya. Hal tersebut disebabkan karena citra Landsat 8 yang digunakan sudah pada level 1T atau sudah terkoreksi medan. Terlihat juga pada objek-objek yang terdapat pada peta RBI, seperti sungai dan jalan, yang sudah bertampalan dengan objek yang sama pada citra Landsat 8 dan citra SRTM. Pengeplotan objek di peta dengan di lapangan juga tidak melenceng jauh.

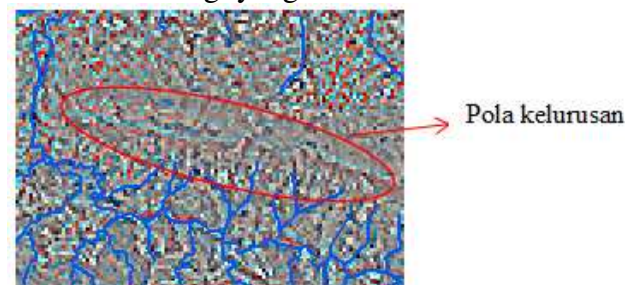
Kombinasi band yang digunakan pada citra Landsat 8 adalah 567. Pada citra baru yang dihasilkan tubuh air tampak berwarna hitam,

vegetasi berwarna coklat kemerahan, tanah atau lahan terbangun berwarna biru cerah, serta tanah terbuka berwarna putih cerah.



Gambar 1. Perbandingan tubuh air, vegetasi, tanah, dan budaya pada citra Landsat 8: (a) komposit 432 (*true colour*), (b) komposit 567

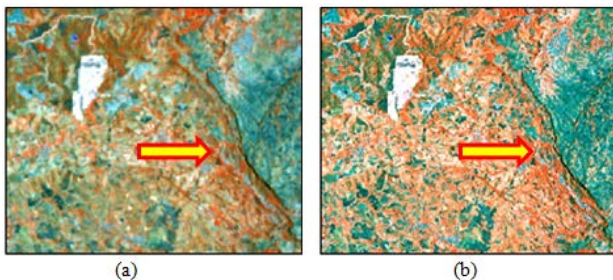
Filter *undirectional (laplacian)* yang digunakan dalam penelitian ini mampu menonjolkan zona kelurusan, sesar, dan pola aliran dengan batas yang tegas. Pola-pola kelurusan banyak ditemukan di bagian tenggara hingga selatan pada wilayah kajian. Gambar 2 menunjukkan salah satu contoh kelurusan yang dapat diidentifikasi pada suatu perbukitan dengan salah satu sisi yang curam yang memiliki tekstur yang lebih tajam/kasar dibandingkan sisi lain yang tampak lebih halus karena morfologi yang lebih rendah.



Gambar 2. Pola kelurusan pada dengan pola aliran sungai rectangular (biru)

Filter *highpass undirectional (laplacian)* memang memiliki kelebihan dan sangat baik dalam identifikasi struktur geologi, khususnya pola-pola kelurusan yang merupakan dasar dalam identifikasi adanya sesar dan kelurusan yang lain. Namun teknik tersebut sangat lemah dalam membantu interpretasi aspek-aspek medan yang lain seperti tipe batuan (litologi), morfologi wilayah, dan sebagainya. Hal tersebut disebabkan karena citra hasil pemfilteran tersebut hanya menunjukkan efek yang cenderung diperhalus (*smoothed*). Citra tersebut tidak menunjukkan kenampakan

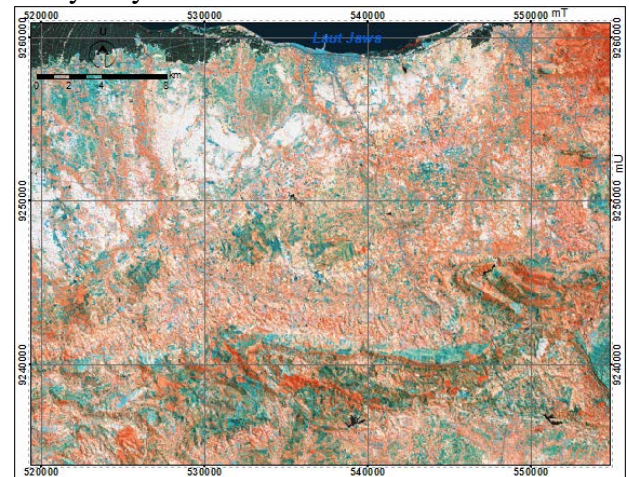
relief/morfologi sehingga sangat sulit mengidentifikasi objek yang lain. Oleh karena itu, filter *laplacian* dijadikan pengurang terhadap citra Landsat komposit 567 yang menghasilkan citra baru dengan penajaman tepi yang maksimal dan lebih mudah dalam mengidentifikasi objek. Hal tersebut karena rona/warna hasil komposit 567 masih dapat dipertahankan sebagai salah satu kunci interpretasi objek geologi. Citra baru hasil pemfilteran menunjukkan kenampakan objek yang tampak lebih tajam dibandingkan citra komposit 567 sebelum dilakukan filter. Gambar 3 menunjukkan citra komposit 567 sebelum dilakukan filter tampak lebih kabur, tetapi setelah dilakukan filter *highpass undirectional (laplacian)* kenampakan objeknya tampak lebih tajam. Gambar tersebut menunjukkan suatu wilayah dengan salah satu sisi lereng yang lebih curam pada bagian timur yang tampak sangat tegas. Lereng tersebut terlihat telah mengalami pengikisan/erosi yang intensif sehingga menghasilkan lereng yang curam. Selain itu, terlihat pula adanya perbedaan rona yang sangat tegas antara lereng yang curam dan lembah di sebelahnya. Rona tersebut dapat dijadikan sebagai dasar dalam interpretasi litologi yang juga dibantu dengan keadaan morfologi wilayah sebagai gambaran tingkat resistensi batuan tersebut.



Gambar 3. (a) citra Landsat 8 komposit 567, dan (b) citra Landsat 8 komposit 567 setelah difilter

Teknik pemfilteran spasial menghasilkan citra komposit yang tampak lebih tajam, dan dengan pengolahan citra ekualisasi histogram menghasilkan citra baru dengan kontras yang lebih tinggi. Citra baru tersebut sangat membantu dalam identifikasi kondisi geologi, berupa struktur geologi dan litologi. Namun citra Landsat 8 hasil pengolahan citra umumnya masih belum menunjukkan kondisi morfologi dengan jelas. Hal ini diatasi dengan menggabungkan citra

Landsat 8 hasil ekualisasi histogram dengan data DEM (*Digital Elevation Model*) yang diperoleh dari citra SRTM yang digunakan. Hasilnya menunjukkan citra baru dengan kondisi morfologi wilayah yang lebih jelas dibandingkan dengan citra sebelum dilakukan penggabungan dengan DEM (Gambar 4). Kondisi morfologi yang lebih jelas ini sangat membantu dalam mengidentifikasi kondisi geologi yang ada di wilayah kajian, terutama sangat baik dalam menunjukkan tingkat resistensi batuan dilihat dari morfologi wilayahnya.



Gambar 4. Citra Hasil Penggabungan

Interpretasi visual secara digital (*digitasi on screen*) dilakukan untuk mengidentifikasi kenampakan geologi yang ada pada citra. Interpretasi citra dilakukan berdasarkan tahapan deteksi, identifikasi, analisis, dan klasifikasi serta didasarkan unsur-unsur interpretasi citra dalam mengenali objek geologi yang ada. Kemampuan hasil pengolahan citra dengan teknik pemfilteran spasial dan penajaman kontras yang dilanjutkan dengan penggabungan DEM citra SRTM mampu menonjolkan kenampakan morfologi/relief dengan sangat baik sehingga membantu dalam penurunan informasi struktur geologi dan tipe batuan (litologi). Hasil citra tersebut juga menunjukan tingkat resistensi batuan dengan baik yang dilihat dari morfologi wilayahnya, sehingga sangat membantu dalam melakukan interpretasi batuan (litologi).

Hasil interpretasi struktur geologi menunjukkan adanya kelurusan dan pelipatan pada citra. Kelurusan pada citra penginderaan jauh dapat diidentifikasi dengan pola yang memanjang dan terdapat perbedaan rona/warna dengan daerah di sekitarnya. Terdapat

kelurusan yang teridentifikasi berupa sesar dan bukan sesar. Kelurusan berupa sesar yang pada citra tampak berarah baratdaya-timur laut dan beberapa diantaranya berarah barat-timur. Terdapat dua macam sesar yang dapat diidentifikasi dari citra yaitu sesar normal dan sesar geser. Sesar normal dicirikan dengan pola kelurusan dengan pembelokan arah aliran sungai yang mendadak, sedangkan sesar geser dicirikan dengan bentuk kelurusan yang mengalami dislokasi serta pergeseran bidang pelapisan batuan. Sesar merupakan zona yang lemah dalam batuan sehingga mudah tererosi sehingga mudah terbentuk lembah. Namun sesar ini umumnya sangat sulit diidentifikasi di lapangan. Selain kelurusan yang berupa sesar, terdapat pula kelurusan yang diidentifikasi berupa kekar. Kekar (*joint*) dapat diidentifikasi di beberapa lokasi di lapangan yang ditunjukkan dengan adanya batuan yang retak-retak dan belum adanya pergeseran antar batuan seperti pada kelurusan berupa sesar. Kekar tersebut biasanya masih berkaitan dengan adanya sesar. Kekar terbentuk karena adanya gaya tektonik yang kekuatannya tidak sebesar tekanan pembentuk sesar sehingga belum mengalami pergeseran antar batuanya. Namun kenampakan kekar umumnya sangat sulit dikenali melalui citra penginderaan jauh.

Pelipatan yang dapat diidentifikasi dari citra terdiri dari dua macam yaitu pelipatan antiklinal dan sinklinal. Pelipatan diidentifikasi dengan memperhatikan sikap pelapisan batuan berupa *dip* dan *strike*. Secara keseluruhan terdapat 6 sumbu struktur antiklinal dan 3 sumbu struktur sinklinal yang dapat dikenali. Arah sumbu lipatan relatif berarah tenggara-baratlaut. Pengenalan struktur lipatan pada citra relatif sulit dilakukan karena sebagian besar wilayahnya telah mengalami pengikisan/erosi secara intensif, sehingga dibutuhkan data *dip* dan *strike* dari data lapangan untuk menentukan jenis pelipatan yang ada.

Berdasarkan arah sumbu lipatan, baik antiklinal dan sinklinal, serta arah sesar yang telah diinterpretasi, dapat disimpulkan bahwa kemungkinan gaya utama yang membentuk struktur geologi di wilayah kajian berarah selatan-utara. Peta hasil interpretasi struktur geologi terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Hasil Interpretasi Visual Struktur Geologi

Citra baru hasil penggabungan citra Landsat 8 dan SRTM sangat membantu dalam melakukan interpretasi tipe batuan (litologi). Rona/warna hasil citra komposit penting dalam membedakan jenis batuan dengan jenis batuan yang lain. Ekspresi topografi hasil dari DEM citra SRTM juga membantu untuk mengetahui tingkat resistensi batuan. Terdapat 12 tipe batuan yang dapat teridentifikasi dari citra, diantaranya endapan aluvium (lempung, pasir, kerikil, kerakal, batu lanau), batuan gunung api, napal, napal masif, batu lempung, batugamping, batugamping merah dan batupasir.

Batuan gunungapi terdapat pada bentuklahan asal proses vulkanik yang merupakan hasil dari aktivitas Gunungapi Lasem. Penyusun utama endapan gunungapi ini adalah tuff. Pada citra Landsat 8 komposit 567, endapan gunungapi ini tampak bewarna orange kemerahan karena sebagian besar wilayahnya masih tertutup oleh vegetasi yang lebat. Batuan berupa batu andesit dan tuff ditemukan di bentukan asal vulkanik ini.

Batuan yang berupa endapan aluvium umumnya terdistribusi pada bentuklahan asal proses fluvial, pada bagian utara wilayah kajian. Endapan aluvium ini terdiri dari endapan sungai dan pantai. Secara umum endapan aluvium ini memiliki rona yang biru cerah dan berada pada dataran aluvial. Pola aliran sungai dendritik dengan kerapatan aliran tinggi yang mencerminkan resistensi dan kedekatan batuan. Selain itu, tingkat resistensi batuan rendah atau tidak mudah tererosi karena berada pada relief yang rendah.

Batuan sedimen dan metamorf umumnya berada pada bentuklahan asal struktural yang menyusun sebagian besar wilayah kajian. Batuan ini terdiri dari

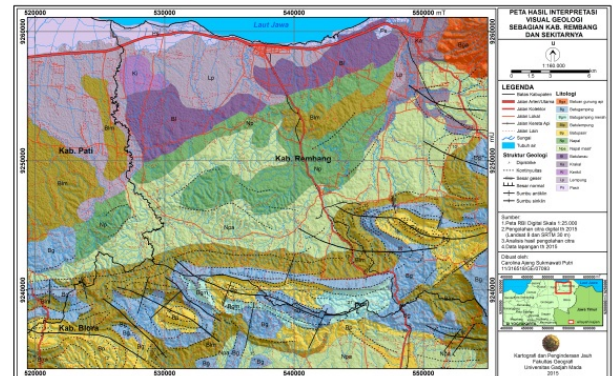
batulanau, napal, batulempung, batugamping, dan batupasir. Jenis-jenis batuan sedimen tersebut merupakan penyusun utama formasi batuan berupa Formasi Tawun (Tmt), Grayong (Tmn), Bulu (Tmb), Wonocolo (Tmw), Ledok (Tml), Mundu (Tmpm), Lidah (Qtpl), dan Paciran (Qvl) pada peta geologi lembar Rembang. Secara umum batuan-batuan sedimen tersebut pada citra tampak bewarna orange kebiruan dengan tekstur yang kasar dan terletak pada morfologi yang positif atau pada morfologi perbukitan. Pola aliran yang dominan adalah dendritik, rectangular, dan trellis. Batuan sedimen ini memiliki tingkat resistensi batuan yang sangat tinggi sehingga sangat mudah pula mengalami erosi atau pengikisan. Hal tersebut terlihat pada perbukitan-perbukitan yang mengalami pengikisan batuan dengan sangat intensif. Akibat pengikisan ini sehingga sulit mengidentifikasi struktur geologi yang berkembang di wilayah kajian terutama dalam menentukan jenis struktur pelipatan yang ada, baik antiklinal maupun sinklinal. Vegetasi yang dominan di wilayah ini berupa hutan, kebun, dan semak belukar dan jarang ditemukan adanya lahan terbangun karena reliefnya yang berupa perbukitan. Peta hasil interpretasi litologi disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Hasil Interpretasi Visual Litologi

Reinterpretasi citra dilakukan setelah kegiatan lapangan (pasca lapangan) yaitu dengan menambahkan informasi yang diperoleh dari lapangan yang sebelumnya tidak diperoleh saat interpretasi citra serta melakukan pembetulan hasil interpretasi yang tidak sesuai dengan kondisi sesungguhnya di lapangan. Oleh karena itu, data lapangan merupakan data yang sangat penting pada tahap reinterpretasi citra ini. Peta Geologi yang merupakan hasil

akhir dari penelitian ini disajikan pada Gambar 7. Peta geologi yang dihasilkan dari penelitian ini umumnya berbeda dengan peta geologi yang sudah diterbitkan pada umumnya. Terdapat beberapa hal yang membedakan diantara kedua peta tersebut. Perbedaan tersebut seperti tidak terdapatnya penampang melintang (*cross section*) batuan pada peta hasil penelitian, selain itu satuan litologi yang digunakan berdasarkan setiap tipe batuan bukan berdasarkan formasi batuan yang umumnya terdapat pada peta geologi pada umumnya.



Gambar 7. Peta Hasil Interpretasi Visual Geologi

Evaluasi Hasil Ketelitian Citra Uji Akurasi Interpretasi

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan citra Landsat 8 dan SRTM hasil pengolahan citra digital dalam mengekstrak informasi geologi di wilayah kajian. Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil interpretasi visual geologi terhadap kenampakan sesungguhnya di lapangan. Tabel 1 menunjukkan bahwa tingkat akurasi interpretasi visual struktur geologi terhadap kenyataan di lapangan sebesar 90%. Nilai akurasi tersebut dapat dikatakan sudah cukup baik karena nilainya diatas 60%. Dalam hal ini penginderaan jauh menunjukkan kelebihanannya yaitu dalam mengekstrak informasi geologi permukaan dengan lebih efektif dan efisien terutama dari segi waktu yang digunakan lebih cepat.

Tabel 1. *Confusion Matrix* Struktur Geologi Hasil Interpretasi Visual Citra dan Perhitungan Hasil Uji Akurasi

		Data Lapangan				Total baris
		Antiklinal	Sinklinal	Sesar geser	Sesar normal	
Hasil Klasifikasi	Antiklinal	5				5
	Sinklinal	1	1			2
	Sesar geser			2		2
	Sesar normal				1	1
	Total Kolom	6	1	2	1	10

Nilai Akurasi total = $(9/10) \times 100\% = 90\%$

Berbeda halnya dengan hasil akurasi struktur geologi, akurasi objek tipe batuan (litologi) menunjukkan nilai akurasi yang tidak setinggi nilai akurasi struktur geologi. Tabel 2. menunjukkan nilai akurasi objek litologi hasil interpretasi visual citra dengan kenyataan di lapangan sebesar 75% dengan 32 sampel batuan yang diperoleh di lapangan. Nilai tersebut juga dapat dikatakan cukup baik. Nilai akurasi tersebut umumnya dapat diterima tergantung tujuan pemetaan. Semakin tinggi nilai akurasi hasil interpretasi citra yang diperoleh maka semakin baik pula dalam memberikan informasi terhadap geologi permukaan di wilayah kajian.

Tabel 2. *Confusion Matrix* Litologi Hasil Interpretasi Visual Citra dan Perhitungan Hasil Uji Akurasi

		Data Lapangan												Total baris
		Ps	Lp	Bl	Ki	Ka	Bga	Np	Npa	Bg	Bgm	Blm	Bp	
Hasil Klasifikasi	Ps	2												2
	Lp		1											1
	Bl			0				1						1
	Ki			1	0									1
	Ka					1								1
	Bga						1							1
	Np							1						2
	Npa								3	1				4
	Bg									7		1		8
	Bgm										0			0
	Blm									1		5		6
	Bp									1	1		3	5
	Total Kolom	2	1	1	0	1	1	2	3	10	1	7	3	32

Akurasi total = $(24/32) \times 100\% = 75\%$

Uji Kemampuan Citra

Uji kemampuan dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari setiap tahap teknik pengolahan citra dalam memberikan informasi objek geologi berupa struktur geologi dan litologi di daerah kajian. Uji kemampuan ini akan memberikan gambaran kemampuan citra Landsat 8 dan SRTM dalam mengenali

objek-objek geologi pada citra hasil pengolahan. Penilaian tersebut didasarkan pada 4 kelas berdasarkan tingkat kejelasan objek yang dapat dikenali pada citra, diantaranya sangat jelas, jelas, kurang jelas, dan tidak terlihat yang pada setiap kriterianya dijelaskan pada Tabel 3. Setiap kelas tersebut ditentukan dari kemudahan objek untuk dapat diidentifikasi berdasarkan ciri-ciri atau karakteristik yang tampak pada citra hasil pengolahan. Suatu objek atau aspek fisik medan masuk dalam kelas “sangat jelas” artinya objek tersebut sangat tampak jelas dan sangat mudah diidentifikasi pada citra hasil pengolahan, dan ketika dilakukan kegiatan lapangan tidak terdapat perbedaan yang berarti dari objek yang diidentifikasi tersebut. Semakin sulit objek atau aspek fisik medan dapat dikenali, maka semakin rendah kemampuan citra hasil pengolahan tersebut dalam memberikan informasi mengenai suatu objek dan masuk dalam kelas “tidak jelas”. Objek tersebut juga biasanya tidak dapat dibuktikan kebenarannya pada kenyataan di lapangan. Contohnya dalam identifikasi aspek fisik medan berupa relief atau morfologi wilayah dapat dengan mudah dilakukan pada citra hasil penggabungan Citra Landsat 8 dan citra SRTM sehingga masuk dalam kelas tertinggi, yaitu “sangat jelas”. Pada kenyataan di lapangan, aspek fisik medan tersebut juga dapat dibuktikan kebenarannya, atau sesuai dengan kenyataan di lapangan. Namun pengenalan relief tersebut sangat sulit dilakukan pada Citra Landsat 8 komposit 567 karena kurang menampilkan informasi morfologi wilayah dengan baik dan masuk dalam kelas terendah yaitu “tidak jelas”.

Tabel 3. Uji Kemampuan Pengolahan Citra

Keterangan	Penilaian	Kriteria
****	Sangat Jelas	Jika aspek fisik medan yang diinterpretasi tampak sangat jelas dan dapat dibuktikan di lapangan
***	Jelas	Jika aspek fisik medan yang diinterpretasi cukup jelas dan dapat dibuktikan di lapangan
**	Kurang Jelas	Jika aspek fisik medan yang diinterpretasi agak kabur dan terjadi beberapa kesalahan dengan kenyataan di lapangan
*	Tidak Jelas	Jika aspek fisik medan yang diinterpretasi menjadi tidak terlihat setelah dilakukan pengolahan citra

Tabel 4 menunjukkan bahwa penggabungan citra Landsat 8 DEM citra SRTM merupakan teknik pengolahan terbaik dalam memberikan informasi struktur geologi dan litologi di wilayah kajian. Hal tersebut terutama sangat baik dalam mengenali tipe batuan pada citra karena citra tersebut memberikan informasi morfologi dan tingkat

resistensi batuan dengan sangat baik yang membantu dalam mengenali tipe batuan pada citra. Aspek spektral dari citra Landsat 8 pun juga tidak hilang dan masih dapat dipertahankan yang sangat membantu dalam mengenali penutup lahan dan vegetasi dari rona/warna yang dihasilkan. Rona/warna tersebut juga bermanfaat dalam membedakan batas antar batuan (litologi) pada citra. Pengenalan objek geologi cukup sulit dilakukan karena sebagian besar wilayah telah mengalami erosi dan pengikisan. Oleh karena itu, dibutuhkan data *dip* dan *strike* untuk mengetahui struktur geologi di wilayah kajian.

Tabel 4. Uji Kemampuan Pengolahan Citra

Fenomena		Pengolahan Citra			
		Citra Landsat 8 komposit 567	Citra Landsat 8 komposit 567		
			Filter highpass (laplacian)	Ekualisasi Histogram	Penggabungan Landsat 8 dan SRTM 30m
Struktur geologi	Kelurusan	*	**	**	***
	<i>Dip/strike</i>	*	*	*	*
	Antiklinal	*	*	*	**
	Sinklinal	*	*	*	**
Litologi	Pelapisan batuan	*	**	***	***
	Jenis Batuan	*	**	***	***
	Resistensi	*	**	**	****
	Relief/morfologi	**	***	***	****
	Pola aliran	**	***	***	***
	Vegetasi dan budaya	**	**	**	***

Citra Landsat 8 hasil komposit 567 belum mampu menunjukkan aspek fisik medan dengan baik karena objek hanya ditunjukkan dengan rona/warna yang dihasilkan. Berbeda halnya pada citra Landsat 8 hasil komposit yang telah dilakukan pemfilteran spasial dan penajaman kontras yang menunjukkan hasil yang lebih baik dalam memberikan informasi geologi dipermukaan. Kedua citra hasil pengolahan citra tersebut umumnya memiliki kemampuan yang tidak jauh berbeda dalam memberikan informasi struktur geologi, yang membedakan adalah teknik pengolahan citra ekualisasi histogram memberikan informasi yang lebih baik untuk pengenalan litologi dibandingkan dengan citra hasil pemfilteran spasial. Hal tersebut dikarenakan citra hasil ekualisasi histogram memberikan kontras citra yang lebih tinggi dibandingkan teknik pengolahan sebelumnya, sehingga membantu dalam penarikan batas satuan batuan pada citra.

Kelemahan dari metode uji kemampuan ini adalah bersifat subjektif dalam memberikan penilaian setiap tahap pengolahan citra karena tergantung pada kemampuan peneliti dalam memberikan penilaian. Walaupun bersifat subjektif, tetapi metode penilaian ini dirasa sudah cukup membantu dalam mengetahui

kemampuan setiap tahap pengolahan citra dalam menurunkan informasi fisik medan yang merupakan dasar identifikasi struktur geologi dan litologi. Semakin mudah informasi fisik medan dapat dikenali maka semakin baik pula citra tersebut dalam menampilkan objek-objek di permukaan bumi.

KESIMPULAN

1. Citra hasil penggabungan citra Landsat 8 dengan DEM citra SRTM memiliki kemampuan yang paling baik dalam memberikan informasi geologi permukaan, berupa struktur geologi dan litologi. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai akurasi hasil interpretasi citra dengan kenyataan di lapangan untuk objek struktur geologi sebesar 90% dan tipe batuan (litologi) sebesar 75%.
2. Peta geologi yang dihasilkan dari hasil interpretasi visual dan kegiatan lapangan umumnya sudah menunjukkan kondisi geologi permukaan di wilayah kajian. Struktur geologi berupa kelurusan sesar tampak berarah baratdaya-timur laut dan beberapa diantaranya berarah barat-timur, sedangkan struktur pelipatan di wilayah kajian diantaranya terdapat 6 sumbu struktur antiklinal dan 3 sumbu struktur sinklinal dengan arah sumbu lipatan relatif berarah tenggara-baratlaut. Berdasarkan arah sumbu lipatan, baik antiklinal dan sinklinal, serta arah sesar yang telah diinterpretasi, dapat disimpulkan bahwa kemungkinan gaya utama yang membentuk struktur geologi di wilayah kajian berarah selatan-utara.. Pada daerah penelitian terdapat pula 12 jenis batuan (litologi) yang dapat diidentifikasi dan dibuktikan di lapangan, diantaranya endapan aluvium (lempung, pasir, kerikil, kerakal, batu lanau), batuan gunung api, napal, napal masif, batulempung, batugamping, batugamping merah dan batupasir. Empat jenis tipe batuan yang terakhir tersebut merupakan jenis batuan yang paling mendominasi di wilayah penelitian, terutama merupakan penyusun utama dari perbukitan Rembang.

SARAN

1. Diperlukan berbagai teknik pengolahan citra lain untuk mengetahui tingkat

kemampuan pengolahan tersebut dalam memberikan informasi kondisi geologi permukaan, seperti fusi citra, dan sebagainya.

2. Peta geologi yang dihasilkan hanya menunjukkan kondisi geologi permukaan secara umum, sehingga diperlukan pemetaan geologi yang lebih detail untuk mengetahui potensi wilayah secara lebih spesifik, seperti dalam kaitanya dengan jebakan minyak, penambangan batu gamping, dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, R.W.van. 1949. *The Geology of Indonesia, vol.1A*. Government Printing Office: Martinus Nijhoff, The Hague.
- Billings Marland P. 1960. *Structural Geology*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Hartarto, Theodor. 2008. Identifikasi Struktur Geologi Pada Citra Landsat 7 ETM+ : Sebagai Langkah Awal Dalam Eksplorasi Kemungkinan Adanya Jebakan Minyak Bumi Di Daerah Purwodadi dan Sekitarnya. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Program Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Jensen, J. R. 1986. *Introductory Digital Image Processing : A Remote Sensing Perspective*. Prentice-Hall: New Jersey.
- Jensen, J. R. 2004. *Introductory Digital Image Processing : A Remote Sensing Perspective, 3rd Edition*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Kadar, D, dan Sudijono. 1994. *Geologi Lembar Rembang, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi.
- LEMIGAS. 1994. *A Guidline of Image Interpretation for Oil and Gas Exploration, Jakarta Indonesia : The Project on Image Processing Technology for Oil and Gas Study JICA-LEMIGAS*. Jakarta: LEMIGAS
- Lillesand, M., dan Kiefer, W. 1999. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sabin, F. 1997. *Remote Sensing, Principles, and Interpretation, 3rd Edition*. New York: W.H.Freeman and Company.
- Sastroprawiro, S., Raharjo, S., dan Purnomo, H. 2008. *Buku Panduan Praktikum Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional.
- Soetoto. 1988. *Interpretasi Citra Untuk Survei Geologi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada
- Soetoto. 2013. *Geologi Dasar*. Yogyakarta: Ombak
- Sriyono. 2014. *Geologi dan Geomorfologi Indonesia*. Yogyakarta: Ombak
- Suharsono, Prapto. 1988. *Interpretasi Citra untuk Survey Geomorfologi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Suharsono, Prapto. 1985. *Identifikasi Bentuk Lahan dan Interpretasi Citra Untuk Geomorfologi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM
- Sukandarrumidi. 2011. *Pemetaan Geologi – Penuntun Praktis Untuk Geologist Pemula*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Sutanto. 1999. *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Zuidam, R.A.Van. 1983. *Guide To Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping*. Enschede: Section of Geology and Geomorphology ITC
- <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>
Situs Resmi Landsat 8 (Diakses oleh Carolina Ajeng S P, 4 Oktober 2014)
- <http://srtm.usgs.gov/srtm.php>
Situs Resmi SRTM (Diakses oleh Carolina Ajeng S P, 8 Oktober 2014)